

ARTÍCULO CIENTÍFICO

State of Research of Plant Genetic Resources in Colombia: Germplasm Banks System.

Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma.

Rubén Alfredo Valencia¹ R, Mario Lobo A.² y
Gustavo Adolfo Ligarreto M.³

ABSTRACT

Colombia is recognized worldwide for its megadiversity, which includes fauna, flora and microorganisms. The above is attributed to its highly ecosystemic complexity, derived from evolutionary processes in the Andes, the Orinoco, the Amazon and its Pacific and Caribbean coasts; regions where are located highlands, tropical jungles, wetlands, plains and deserts, among others. With about 0.77%, of the world's land area, the country holds approximately 10% of the plant and animal species known around the world. These genetic resources hold an important strategic value for the country, and their inventories are a fundamental tool for the analysis of their current option and use values, as well as, for taking actions related to their conservation, renewal and utilization. In this context, the Colombian government promoted the establishment of a National Germplasm Bank System for Food and Agriculture, which comprises vegetal, animal and microorganism species, The System is administrated by ICA and managed by Corpoica, through a Technical and Scientific Cooperation Agreement subscribed by the last two entities. From all the plant species accessions, held under *ex situ* conditions at Colombia, 70% of those are included in the above System. The remaining 30% correspond, mainly to species, held under the criteria of active banks. From the above and, in relation to plant genetic resources, Colombia has an *ex situ* National Germplasm Bank System, for Food and Agriculture, which complements *in situ* conservation processes done in farm by local producers.

Keywords: Agrobiodiversity, Conservation, Documentation, Characterization, Prebreeding.

RESUMEN

Colombia es reconocida en el mundo por su megadiversidad en fauna, flora y microorganismos, atribuida a su gran complejidad ecosistémica y a procesos evolutivos de los Andes, la Orinoquia, Amazonia y de sus costas Pacífica y Caribe, en los que se encuentran páramos, selvas tropicales, humedales, llanuras y desiertos, entre otros. Con una superficie continental de alrededor del 0,77% del área terrestre del mundo, alberga aproximadamente el 10% de las especies vegetales y animales conocidas. Estos recursos genéticos tienen un valor estratégico importante para el país, y sus inventarios son una herramienta fundamental para el análisis del estado actual y potencial de ellos y para la toma de decisiones sobre medidas de conservación y renovación. En este ámbito, el Gobierno colombiano facilitó la conformación del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura, el cual figura en cabeza del ICA y es manejado por Corpoica por medio de un convenio de Cooperación Técnica y Científica, suscrito con el ICA. Del total de accesiones vegetales que posee Colombia, mantenidas en condiciones *ex situ*, el 70% se maneja en Corpoica. El 30% restante corresponde a bancos activos. En general, en Colombia existen bancos de germoplasma donde se conservan las especies en la modalidad *ex situ*, lo que complementa procesos de mantenimiento *in situ*, que incluyen materiales en fincas de los productores.

Palabras clave: agrobiodiversidad, conservación, documentación, caracterización, premejoramiento.

INTRODUCCIÓN

Colombia es una de las cinco naciones megadiversas del mundo. Con una superficie continental de 114.17 millones de hectáreas, en 0,77% del área terrestre del mundo, alberga aproximadamente el 10% de las especies vegetales y animales conocidas (Dávalos *et al.*, 2003). En la región del Chocó se encuentran algunos de los bosques más biodiversos del mundo, con cerca de 800 especies (Galeano, Suárez y Balslev, 1998); el país está catalogado entre las naciones con mayor riqueza por unidad de superficie de plantas vasculares y vertebrados (Acopazoa, 2003), con riqueza genética notoria de microorganismos, variedades

¹ Ph.D., Director Investigación y Transferencia de Tecnología, Corpoica, C.I. Tibaitatá, Mosquera, Cund., Correo: rvalencia@corpoica.org.co

² Ph.D., Coordinador red de Agrobiodiversidad, Corpoica, C.I. La Selva, Rionegro, Ant., Profesor Asociado Universidad Nacional, sede Medellín, Correo: mlobo@corpoica.org.co

³ Ph.D., Profesor Asociado, Fac. de Agronomía, Universidad Nacional, sede Bogotá, Correo: galigarretom@unal.edu.co

de agricultor y razas de animales domesticados (Lobo y Medina, 2000a).

Esta riqueza biológica es atribuida a la posición latitudinal y su localización en la franja tropical ecuatorial, lo que brinda características climáticas, geomorfológicas y fisiográficas especiales que determinan su complejidad ecosistémica y biodiversa con respecto a otros países del mundo; posee más de 20 ecosistemas diferentes (Lobo y Medina, 2000a). A lo anterior se suma la complejidad orográfica de los Andes, la Orinoquia, la Amazonia y de sus costas Pacífica y Caribe, y la convergencia de las áreas de especiación amazónica y andina, al igual que de las biotas de Centro y Suramérica, lo cual produjo su megadiversidad.

El carácter estratégico de ésta le otorga un valor económico y político de primera instancia al país, para su aprovechamiento económico y social (Acopaoza, 2003), lo que se magnificó luego de la promulgación del Convenio sobre la Diversidad Biológica, en el que se cambió el paradigma de que “los recursos genéticos eran patrimonio de la humanidad”, por el principio de “la soberanía de los países sobre dichos recursos” (Hammer *et al.*, 2003). A partir de dicho instrumento, las reglas de acceso a los recursos genéticos cambiaron radicalmente y condujeron a la formulación del Régimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos de los países de la Comunidad Andina de Naciones, Decisión 391 de 1996 (CAN, 1996).

Con base en lo anterior, el Gobierno colombiano facilitó la conformación del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA); esto partió de colecciones de trabajo conformadas en principio por el Departamento de Investigación Agrícola (DIA), y luego por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Para su manejo se han suscrito convenios de Cooperación Técnica y Científica entre el ICA y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), con vigencia anual entre 1994 y 1996; posteriormente, convenios tripartitos entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el ICA y Corpoica en el período de 1997 a 2004, y nuevamente entre el ICA y Corpoica a partir de 2005.

El Sistema, a cargo de Corpoica desde 1994, comprende colecciones de especies con semillas ortodoxas, con un banco base a -20°C, localizado en el Centro de Investigación (C.I.) Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca) y bancos activos por debajo de 0°C en el centro precitado y en el C.I. La Selva, en Rionegro, Antioquia. Complementariamente, tiene colecciones de campo, conformadas por especies con semilla recalcitrante o de ciclos de vida largo, en diversas localidades del país, y algunos

duplicados de colecciones en otras localidades o en condiciones *in vitro* en el C.I. Tibaitatá.

Como complemento, se conformó en Corpoica la Red de Agrobiodiversidad, la cual, aparte de la conservación de germoplasma de taxones animales, vegetales y de microorganismos, realiza procesos de colecta, conservación, conocimiento y desarrollo del potencial de la variabilidad en mantenimiento, con promoción de la utilización de ésta y el desarrollo de nuevas alternativas agrícolas y bioproductos.

Este artículo presenta una revisión del estado de arte de los recursos fitogenéticos, para la alimentación y la agricultura, en Colombia, en cuanto al avance y perspectivas de uso, documentación e información, caracterización y premejoramiento para potenciar su uso en el fitomejoramiento de las especies de importancia agrícola y comercial.

Avances y perspectivas

En el territorio colombiano se han identificado 18 entidades nacionales que manejan bancos de germoplasma bajo condiciones *ex situ* (Tabla 1). De éstas ocho son públicas, seis privadas y una de carácter mixto. Del total de accesiones vegetales que posee Colombia, mantenidas en condiciones *ex situ* en los bancos nacionales, el 70% se maneja en Corpoica (Vallejo y Estrada, 2002) y el 30% restante corresponde a la modalidad de bancos activos de taxones diversos. Adicionalmente, en el país se conserva,

Tabla 1. Entidades colombianas que manejan bancos de germoplasma vegetal, bajo condiciones *ex situ*

Entidad	Grupo Especies	Organización
Cartón de Colombia	Forestales	Privada
Cenicafé	Café	Privada
Cenicaña	Caña de azúcar	Privada
Coltabaco	Tabaco	Privada
Conif	Maderables	Privada
CVS	Forestales	Pública
ICA-Corpoica	Vegetales, animales y microorganismos	Mixto
Sinchi	Amazónicas	Pública
Unipalma	Palma africana	Privado
Universidad de Antioquia	Ornamentales	Pública
Universidad de Caldas	Frutales	Pública
UN de Colombia, sede Bogotá	Papa y tubérculos andinos	Pública
UN de Colombia, sede Medellín	Frutales tropicales	Pública
UN de Colombia, sede Palmira	Hortalizas	Pública
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC.	Frutales, forestales y ornamentales	Pública
Universidad de Córdoba	Hortalizas, ñame	Pública
Secretaría de Agricultura del Valle	Chontaduro	Pública
Universidad de Nariño	Uchuva	Pública

Fuentes: Torres y Reyes, 1997, Lobo, 2003.

por parte del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Palmira, Valle del Cauca, del Grupo Consultivo Internacional de Investigación en Agricultura, CGIAR, la colección mundial de yuca y especies relacionadas, *Manihot* spp (Bonierbale *et al.*, 1997), la de frijol y especies afines, *Phaseolus* spp. (Hidalgo y Beebe, 1997) y conglomerados genéticos de forrajes tropicales (Maas *et al.*, 1997).

Con relación a los bancos de germoplasma en Corpoica, el de semillas representa el 83,4% del total en conservación en manos de la entidad, seguido por el de campo con el 18% de un total de 17.017 accesiones nacionales y extranjeras; de éstas, 14.166 se mantienen bajo la modalidad de banco de semillas (semilla ortodoxa), 3.091 en campo, 2.064 *in vivo* y 2.337 en colecciones *in vitro*, de acuerdo con un consolidado realizado por Lobo (2003), datos que son incrementales a lo largo del tiempo.

Documentación e informatización de los recursos fitogenéticos

Painting *et al.* (1995) resaltaron, en el caso de los bancos de germoplasma vegetal, la importancia de la disponibilidad de información en forma rápida y almacenada de manera precisa; lo anterior permite su empleo para las actividades rutinarias de los sistemas de conservación y la maximización del uso de recursos financieros, generalmente limitados.

El manejo de la información sobre conocimiento, conservación y uso de los recursos genéticos vegetales en Colombia, se realiza de forma computarizada y sistematizada con codificación, registro, archivo y organización de la información reportada por los investigadores responsables de las acciones de la documentación, caracterización, evaluación, conservación y multiplicación de los bancos activos o base. Pese a lo anterior, Lobo (2003) indicó que la documentación de los recursos genéticos en los bancos de germoplasma del país era un área deficitaria y que se carece de sistemas computarizados compatibles e igualmente de métodos de información a través de redes informáticas.

Actualmente, el banco de germoplasma vegetal del SBG-NCAA ha sido incluido como nodo, mediante el apoyo de Bioversity International, Centro Internacional, y del Grupo Consultivo Internacional de Investigación, Cgiar, en la evaluación del sistema de documentación *Grin Global*, en desarrollo por parte del Programa Nacional de Recursos Genéticos, Ngrp, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, Usda (<http://grin-global.org/index.php/Main-Page>).

En el SBGNCAA se tiene información en medios electrónicos de colectas, introducciones, datos de pasaporte, va-

riables mínimas, datos de evaluación y caracterización de índole diversa, viabilidad de las semillas, mapas de campo, acuerdos de transferencia de materiales, procesos estandarizados de procedimientos de los bancos, proyectos que han vinculado accesiones en conservación, resultados de investigación en biología de la conservación y en procesos de valor agregado, tesis realizadas con los bancos, publicaciones hechas por investigadores del Sistema e información en proceso de consolidación y centralización. Por su parte, en el Banco Base de Semillas del Sistema, ubicado en el C.I. Tibaitatá, se ha implementado un sistema de código de barras a la colección Central Colombiana de papa (CCC), y está en marcha un ajuste del procedimiento para registro de inventarios de otras especies incluidas en la conservación *ex situ*.

Conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos

El mantenimiento *ex situ* brinda un seguro cuando las plantas desaparecen en su ambiente natural, y tiene la ventaja de proporcionar un suministro oportuno de materiales para el investigador y de hacer reposición de las variedades locales relegadas (Ashmore, 1997). Al respecto se ha considerado prioritario, durante varias décadas, el mantenimiento, por esta vía, de silvestres relacionados con los cultivados (Meilleur y Hodgkin, 2004) y taxones no domesticados promisorios, por el peligro de pérdida de éstos, debido al cambio climático global en marcha (Heywood y Duloo, 2005); con indicación, por parte de Schoen y Brown (2001), de que el ensamblaje de colecciones *ex situ*, de poblaciones silvestres, es un componente importante de una conservación más amplia y la afirmación de que los bancos de germoplasma preservan la diversidad genética requerida para procesos futuros de fitomejoramiento (Richards *et al.*, 2007).

Las variedades "Primitivas" "Locales", "Criollas" y "De Agricultor", las cuales se difunden en la comunidad, en algunos casos con el nombre del creador (Aderajew y Berg, 2006), fueron definidas por Berg (2009) como aquellas sembradas en localidades específicas durante un período de tiempo considerable, aspecto que conduce a la adaptación a las condiciones del sitio de cultivo, a través de selección natural y masal por parte del cultivador. Los investigadores adicionaron que éstas constituyen unos de los componentes importantes de la variabilidad vegetal, por lo cual son sujeto de conservación.

Colombia conserva bajo la modalidad *ex situ* alrededor de 27.900 accesiones que corresponden a cerca de 350 especies de importancia agrícola, forestal y ornamental. Las colecciones de estos bancos están constituidas por germoplasma foráneo en un 53,4 %, que se ha introducido con fines de mejoramiento genético. Las accesiones colectadas

en Colombia, bien sean nativas o criollas, incluyen parentales silvestres, variedades regionales y especies relacionadas que actualmente representan el 46,6 % del total (Tabla 2).

Tabla 2. Número de especies y colecciones conservadas en bancos de germoplasma bajo condiciones *ex situ* en Colombia

Entidad	Grupo Especies	Número de accesiones
Carton de Colombia	Forestales	790
Cenicafé	Café	4100
Cenicaña	Caña de azúcar	1293
Coltabaco	Tabaco	1351
Conif	Maderables	391
CVS	Forestales	99
ICA-Corpoica	Agrícolas	17138
Sinchi	Amazónicas	202
Unipalma	Palma africana	319
U. de Antioquia	Ornamentales	92
U. de Caldas	Frutales	101
U. Nacional-Bogotá	Papa criolla, otros tubérculos y cultivos andinos.	551
U. Nacional-Medellín	Frutales tropicales	250
U. Nacional-Palmira	Hortalizas	1200
UPTC	Frutales forestales, ornamentales	31

(1) INT: Introducciones; NAT: Nativas o criollas.

Fuentes: Lobo, 2006; Torres y Reyes, 1997.

El SBGNC, manejado por Corpoica, realiza incrementos periódicos de materiales en conservación, especialmente de aquellas especies objeto de mantenimiento, con vinculación de otros taxones, por su importancia y potencial para el país, lo cual depende de la disponibilidad de fondos para tal fin. Como ejemplo, en el período 2007-2008 se colectó y estableció en campo una metapoblación colombiana del taxón mortño o agraz (*Vaccinium meridionale*), la cual comprendió 140 entradas, y se incrementó la colección de higuera por medio de proyectos financiados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la cual tenía en conservación accesiones por medio de semilla, que se habían obtenido a partir de “Ferias de Semilla”; el material ha apoyado la investigación, con dicha entidad biológica, en el área de bioenergía. A partir del evento mencionado han ingresado al SBGNC 60 materiales de agricultor, de especies diferentes, las cuales se vinculan con la información recabada sobre origen, atributos y uso (Lobo, 2006a).

En la Tabla 3 se relacionan especies en mantenimiento, número de accesiones por taxón y

Tabla 3. Especies y número de accesiones diferentes por taxones incluidas en el Sistema de Bancos de Germoplasma a cargo de Corpoica

Especie	Sistema de conservación (1)	Número de accesiones diferentes	Material nacional	Material extranjero	Tipo de material (2)
Plátano	Campo, IV	193	136	57	VM, VA
Cítricos	Campo, Mat.	205	44	161	VM; VO; VA
Mango	Campo	137	40	97	VA, VC, INTR
Chirimoya	Campo	6	6		VA
Guanábana	Campo	63	63		VA
Papaya	Campo, sem.	176	176		VC, VO, VA
Guayaba	Campo	71	29	42	VC, VA, VO
Piña	Campo	60	33	27	VA, SEL
Mora	Campo	50	49	1	VA, SEL, VC
Tomate de árbol	Campo, sem.	61	53	8	VA, SIL, VC
Aguacate	Campo	67	12	55	VA, VC, VO
Papayuelas	Campo, sem.	87	87		VA, SIL
Frut. amazónicos	Campo	16	16		VA
Frut. menores	Campo	72	72		VA
Marañón	Campo	394		394	POB, MA
Lulo	Semillas	110	103	7	VA, ESR
Cucúrbitas	Semilla	121	112	9	VA, INTR
Passifloras	Semilla	170	170		VA, SIL
Caña	Campo	127	18	109	VC, SEL, VA
Maíz	Semilla	4200	2200	2000	VA, VO, VC
Sorgo	Semilla	787	78	709	PL, VC, PH
Frijol	Semilla	912	260	652	VA, VO, VC, ERC
Soya	Semilla	1234	525	709	INT, VC; LM
Arveja	Semilla	633	69	564	VA, VC, VO; SIL
Caupí	Semilla	384	101	283	INT, VA, VC
Haba	Semilla	268	253	15	VA, INTR
Arroz	Semilla	109	21	88	VC, VO, LIN
Cebada	Semilla	255	230	25	INTR, VC, VA, LM
Trigo	Semilla	408	202	206	VA, VC, VO
Algodón	Semilla	824	638	186	VA, VO, VC, SIL
Ajonjolí	Semilla	61	50	11	INTR, VC, LIN
Achira	Campo	29	29		VA, INTR
Papa	Vegetativo Sem, IV	1980	1191	789	VA, VO, VC
Ñame	Campo	80	79	1	VA
Batata	Campo, IV	124	124		VA
Yuca	Campo	74	74		
Arracacha	Campo	123	123		VA
Ajo	Campo, IV	11	3	8	VA, INTR
Ají	Semilla	268	234	34	VA, VO, VC, SIL
Cebolla en rama	Vegetativo, IV	59	59		VA
Cebolla Ocaña	Vegetativo	25	25		VA
Palma de aceite	Campo	64	21	43	INTR, SIL (Noli)
Coco	Campo	12	5	7	VA; INTR
Chontaduro	Campo	291	282	9	VA
Guandul	Semilla	28	3	25	VA
Uchuva	Semilla	57	48	9	VA, ESR
Tomate verde	Semilla	50		50	VA
<i>Physalis ixoc.</i>					
Maní	Semilla	225	2	223	VC, VA, VO
Tabaco	Semilla	131	98	33	VC, VO, VA
Tomate	Semilla	604	89	515	VA, VO, VC, SEL, ESR
Lupinos	Semilla	23	12	11	VA
Caducifolios	Campo	109	28	81	VC, VA
Cacao	Campo	419	257	162	
Total		17.017	8.602	8.415	

(1): IV: *In Vitro*, sem: semilla

(2): VA: Variedades de agricultor. VO: Variedades Obsoletas. VC: Variedades comerciales. Sel: Selecciones. POB: Poblaciones de mejoramiento. LM: Líneas de programas de mejoramiento. INTR: Introducciones. ESR: Especies silvestres relacionadas.

la modalidad de conservación del germoplasma a cargo de Corpoica, de acuerdo con un inventario consolidado por Lobo (2003). Los números son un indicativo, ya que estos pueden variar por el ingreso de materiales nuevos a través de colecta, especialmente, o disminuir por procesos de redimensionamiento y detección de duplicados. En un universo de 17.017 accesiones de especies o grupos de taxones diversos, 3.205 se mantienen en campo, con 1.387 de ellas como duplicados *in vitro*, y 1000 en forma vegetativa que se llevan a campo periódicamente para obtención de un nuevo ciclo de propágulos. Este último es el caso de la papa, en la cual, de 1980 accesiones, aproximadamente 1000 corresponden a material vegetativo y 980 a semillas, en especial de taxones silvestres relacionados. En este cultivo, como ejemplo, el conjunto de materiales en conservación en el sistema comprende especies diversas como *Solanum tuberosum*, subespecie *andígena*; *S. tuberosum*, subespecie *tuberosum* (papa de año o guatas); *S. phureja* (papa criolla o chauchas); *S. chaucha* (papa amarilla) y taxones silvestres (por ejemplo, *S. colombianum*, y *S. estradae*, entre otras), con algunas introducciones provenientes de Escocia, Holanda, EE.UU., Reino Unido, Alemania, Perú, Argentina, Chile, Brasil, Bolivia y Ecuador, entre otros países (Estrada, 1996; Moreno y Valbuena, 2006).

Es importante mencionar la presencia del CIAT, con sede en Palmira (Colombia), adscrito al Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola, CGIAR, cuyos centros son custodios, por delegación de la FAO, de colecciones que proveen el 75% de la energía alimentaria mundial (Fucillo *et al.*, 1997). Dicha entidad ha entregado a usuarios nacionales materiales mejorados y genotipos élite de las especies a su cargo: frijón, yuca y forrajes tropicales, a lo cual se adiciona el arroz, por delegación, en este último caso, del Centro Internacional de Investigación en arroz (IRRI, por su sigla en inglés). La entrega del material vegetal se logra por interacción directa con los equipos científicos de los proyectos con estas especies, pertenecientes a los entes internacionales (Lobo, 2006a).

Conservación de germoplasma a largo plazo

En el sistema de bancos manejado por Corpoica, se ha conformado una colección base de semilla, en la cual se conserva un duplicado de cerca de 12.000 poblaciones con semilla ortodoxa. En el cuarto frío a una temperatura de -20°C, ubicado en el C.I. *Tibaitatá*, en Mosquera, Cundinamarca, se mantiene un duplicado de todos los materiales de esta categoría que existen a nivel del sistema, con un mínimo de 1500 semillas vivas y con germinación superior al 85%, almacenados en bolsas de aluminio herméticamente selladas. Su proceso de regeneración se realiza de acuerdo con las normas establecidas para el efecto por el Ipgr y FAO (Breese, 1989; Sackville-Hamilton *et al.*, 1997).

En el sistema también se cuenta con instalaciones de almacenamiento para semillas intermedias, las cuales se conservan en bolsas de aluminio herméticamente selladas, con una humedad del 10%, en neveras con temperaturas de 10°C en el C.I. *La Selva*, de Rionegro, Antioquia. En esta categoría se tienen semillas de *Passiflorae* y *Caricaceae*.

Caracterización del germoplasma vegetal

En Colombia los recursos genéticos agrícolas han sido caracterizados y evaluados de manera parcial, con mayor énfasis en la evaluación y la caracterización morfo-agronómicas. Al respecto, Lobo (2003) reportó, para un universo de 15.840 accesiones del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación Colombiana, 10.181 de ellas con evaluación morfológica por atributos cuantitativos, es decir, 64,26% del total; 6057 están caracterizadas por caracteres cualitativos, un 38,23% del conjunto; 355, por isoenzimas, 2,24% del conglomerado; 64 con información ecofisiológica, 0,40% de éstas; y 917 caracterizadas molecularmente, 5,80% de la metapoblación, información que se incluye en la Tabla 4.

Entre los estudios para dar valor agregado al germoplasma del sistema, a partir de su constitución, se incluyen evaluaciones y caracterizaciones morfológicas en colecciones diversas, entre las que se encuentran las de tomate, *Lycopersicon esculentum*, sin. *Solanum lycopersicum* (Lobo y Medina, 1994, 1998; Medina y Lobo, 2001; Restrepo *et al.*, 2005, 2006); maíz, *Zea mays* (Ligarreto *et al.*, 1998); papayuelas de altura, *Vasconcellea* spp. (Medina y Lobo, 1999; Cadavid *et al.*, 2002, 2003); pasifloras andinas, *Passiflora* spp. (Medina *et al.*, 2000; Medina y Lobo, 2004); frijón, *Phaseolus vulgaris* (Cerrón *et al.*, 2001); tomate de árbol, *Cyphomandra betacea*, sin. *Solanum betaceum* (García *et al.*, 2002; Medina *et al.*, 2004); arracacha, *Arracacia xanthorrhiza* (Rosso *et al.*, 2002; Vásquez *et al.*, 2004); ají y pimentón, *Capsicum* spp. (Medina *et al.*, 2006); papa común y criolla, *Solanum tuberosum* y *S. phureja* (Moreno y Valbuena, 2006); lulo, *Solanum quitoense* (Lobo *et al.*, 2006); uchuva, *Physalis peruviana* (Ligarreto *et al.*, 2006; Trillos *et al.*, 2008); mortiño, agraz o vichachá, *Vaccinium meridionale* (Medina *et al.*, 2009).

Otro campo de estudio con el germoplasma corresponde a evaluaciones químicas de aspectos relacionados con atributos organolépticos y antioxidantes, realizados con granadilla, *Passiflora ligularis*, y granadilla de piedra, *P. maliformis* (Medina y Lobo, 2000a); curuba, *P. mollissima* (Medina y Lobo, 2000b); gulupa, *P. edulis* var. *edulis* (Lobo y Medina, 2000b); lulo, *Solanum quitoense* (Lobo y Medina, 2000c) y antioxidantes en mortiño, *Vaccinium meridionale* (Gaviria *et al.*, 2009a, 2009b).

Igualmente, se ha realizado la caracterización molecular en conjuntos de materiales de diversas especies, las que

Tabla 4. Especies y accesiones con evaluación morfológica (Eval), caracterización morfológica (C. Mor). Caracterización bioquímica (CBQ), evaluación fisiológica (EFIS), caracterización molecular (CMol), caracterización química y agroindustrial (CQU) y premejoramiento (PRE)

Especie	Número de accesiones	Eval	CMor	CBQ	EFIS	CMol	CQU	PRE
Papa	1980	980	980		6	40	752 ^{2/}	*
Papa criolla	143	50	50			52		
Algodón	830	546	546			286		
Soya	1234	949	949					
Yuca	74	33						
Cacao	419	421	43					
Maíz	4200	2053	230					
Caña panelera	127	121						
Plátano	193	148	148			134		
Cítricos	212	100					3/	
Pasifloras	170	152	50			52	+	
Aguacate	67	60	60			60		
Mango	137	73						
Guanábana	63	41	41			41		
Guayaba	176	53	27			27 ^{1/}		
Piña	60							
Papaya	176	34						
Tomate de árbol	61	53	53			67	+	*
Lulo	110	110	110	110	2	121	+	*
Uchuva	107	107	107					
Mora	24	24					3/	
Papayuela	87	63	63				+	
Tomate	604	398	398					
Ají	268	178	178					
Cucúrbitas	121	87	87					
Arveja	633	487	487					
Arracacha	123	53	53					
Fríjol	912	528	528		29			
Trigo	408	25	25		30			
Ajo	11	11	11					
Cebolla en rama	59	59	59					
Haba	253	138						
Cebada	256	378						

^{1/} Fuente: Lobo, 2003

^{2/} Almidones, 3/ Brix, +/ otras variables, */ híbridos interespecíficos.

incluyen procesos terminados y publicados con pasifloras, *Passiflora* spp (Sánchez *et al.*, 1995, 1997, 1999, 2002; Fajardo *et al.*, 1998); plátano, *Musa paradisiaca* (Sánchez *et al.*, 1998); papa criolla, *Solanum phureja*, tanto para detección de duplicados, como para determinar la variabilidad de la colección (Moreno y Valbuena, 2006); guayaba, *Psidium* spp. (Rueda *et al.*, 2006); cacao, *Theobroma cacao* (Sánchez *et al.*, 2007); papaya, *Carica papaya* (Sánchez-Betancourt y Núñez, 2008); lulo, *Solanum quitoense*, y tomate de árbol, *Cyphomandra betacea* sin. *Solanum betaceum* (Enciso-Rodríguez *et al.*, 2010; Bedoya y Barrero, 2009; 2010). Los resultados de los estudios mencionados

pueden emplearse para la conformación de colecciones núcleo y, unidos a fenotipificación, para su empleo en programas de mejoramiento a través del marcaje molecular de atributos de valor.

Premejoramiento del germoplasma vegetal

El premejoramiento, de acuerdo con Pristch (2001), se basa en la incorporación, a los materiales cultivados, de genes o grupos de éstos asociados con características favorables, provenientes de genotipos exóticos, otras especies, géneros o familias vegetales. Las actividades de premejoramiento en Colombia, con la utilización de los bancos, se han realizado, por parte de Corpoica, con tomate, frutales andinos, particularmente lulo y tomate de árbol (Lobo, 2006b), papa y palma de aceite africana; con trabajos de esta índole en café, conducidos por Cenicafe.

En el caso del lulo, *Solanum quitoense*, se realizó un proceso de domesticación de la especie a través de la hibridación interespecífica con el taxón silvestre *S. hirtum*, con dos retrocruzamientos hacia el cultivado, el cual condujo a la entrega del cultivar de la especie conocido como *lulo La Selva* (Bernal *et al.*, 1998). Igualmente, con el frutal, Lobo (2006a) desarrolló una base genética amplia para el desarrollo de una oferta continuada de cultivares, a través de la hibridación interespecífica de los mejores materiales de la colección con siete (7) accesiones de la especie relacionada *S. hirtum* (Solanaceae, sección *Lasiocarpa*).

Por su parte, Lobo *et al.* (2000) encontraron resistencia a la antracnosis de los frutos de tomate de árbol, *Colletotrichum acutatum*, en el taxón relacionado *Cyphomandra uniloba*, sin. *Solanum unilobum*, con los cuales se transfirió el atributo anterior al taxón cultivado. Complementariamente, el equipo de trabajo liderado por Lobo (2006b) ha realizado hibridaciones interespecíficas entre *Cyphomandra materna* X *C. betacea*, *C. materna* X *C. uniloba* y obtuvo un híbrido triple (*C. betacea* X *C. uniloba*) X *C. materna*. Con los cruzamientos anteriores se busca desarrollar una base genética amplia para la implementación de procesos de mejoramiento con el frutal andino.

En cuanto a la papa, la base del mejoramiento genético en Colombia ha estado constituida por los cruzamientos entre cultivares de *Solanum tuberosum* (papas del hemisferio norte) y cultivares de *S. andigena* (papas nativas de los Andes). Esto ha permitido la obtención de cultivares precoces, como son 'Monserate' y 'Cumbal', con vigor híbrido, calidad excelente y resistencia duradera a "gota", *Phytophthora infestans*, las cuales se siembran después de más de cuatro (4) décadas de su entrega (Estrada 1996; Estrada, 2002). A partir de la hibridación interespecífica mencionada se han liberado

más de 35 variedades de papa por parte del ICA y Corpoica (Moreno y Valbuena. 2006), y en la última década por la Universidad Nacional, seccional Bogotá (Segura *et al.*, 2006).

En palma aceitera, Corpoica realizó procesos de hibridación intraespecífica entre palma africana cultivada, *Elaeis guineensis*, y palma americana "Nolí", silvestre, *Elaeis oleífera*, para la incorporación de genes de resistencia a enfermedades, en especial la pudrición del cogollo. A partir del cruzamiento se obtuvo el híbrido *El Mira*, el cual se encuentra en proceso de distribución y siembra en la zona de Tumaco; igualmente, se han llevado a cabo retrocruzamientos de la F1, entre los dos taxones, hacia el parental cultivado *E. guineensis* (Bastidas *et al.*, 2003; 2005; 2007). Por su parte, Cenipalma en el Centro Experimental *La Vizcaína*, en Barrancabermeja, dispone de germoplasma de las dos especies mencionadas, *E. guineensis* y *E. oleífera*, como fuente de genes para programas de mejoramiento genético (Rey, 2007), los cuales pueden ser empleados, también, para la obtención de híbridos entre las dos especies.

Cenicafé ha incorporado genes de resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), en un proyecto de cruzamientos interespecíficos entre *Coffea arabica* (cultivada tetraploide) x *Coffea canephora* (silvestre diploide); lo que generó materiales élite promisorios, con potencial genético y posibilidades de transferencia de atributos de valor a partir de híbridos triploides interespecíficos entre *C. arabica* y los taxones diploides *C. eugenoides* y *C. canephora* (Alvarado y Cortina, 1997). La recuperación de tetraploides, con introgresión genética, provee la oportunidad para transferir genes de

interés agronómico, a partir de las especies diploides (Herrera *et al.*, 2004; Romero, *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

En Colombia existen bancos de germoplasma, principalmente de recursos fitogenéticos, en entidades nacionales diversas, tanto de especies nacionales como foráneas, con la presencia de colecciones mundiales en el CIAT, centro internacional del sistema CGIAR, correspondientes a taxones de seguridad alimentaria y pastos y forrajes.

En el conjunto anterior se incluye el Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación Colombiana para la Alimentación y la Agricultura (SBGNC), que conserva recursos genéticos de especies vegetales, animales y de microorganismos. Es financiado con dineros públicos suministrados por el MADR, con la administración por parte del ICA y el manejo a cargo de Corpoica.

Las colecciones de recursos fitogenéticos del SBGNC son importantes para apoyar el desarrollo de los procesos agrícolas, al tomar en consideración que, a partir de la promulgación del Convenio de Diversidad Biológica, terminó el intercambio libre de recursos genéticos.

Los procesos de valor agregado realizados le confieren valor de opción y de utilización al capital biológico en conservación. Igualmente, permiten buscar atributos para los retos futuros, que incluyen, entre otros, seguridad alimentaria, cambio climático, sostenibilidad, uso eficiente del agua, bioenergía y usos nuevos de la biodiversidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Colombiana de Parques Zoológicos y Acuarios (Acopazoa). (2003). *Biodiversidad - Colombia país de vida*. Programa de formación ambiental para maestros. Prerensa e impresión Cargraphics S. A. Cali, Colombia, 207 p.
- Aderajew, H.; Berg, T. (2006). *Selectors and no Selectors: Agricultural and Socio-economic Implications of On-farm Seed Selection in Ethiopia*. Plant Genetic Resources Newsletter 145: 1-10.
- Alvarado, G.; Cortina, H. (1997). Comportamiento agronómico de progenies de híbridos triploides de *Coffea arabica* var. Caturra x (Caturra X C. canephora). *Cenicafé* 48(2): 73-91.
- Ashmore, S.E. (1997). *Status Report on the Development and Application of In Vitro Techniques for the Conservation and Use of Plant Genetic Resources*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 57 p.
- Bastidas, S.; Peña, E.; Reyes, R. (2003). *Genealogía del germoplasma de palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.) del proyecto de mejoramiento genético de Corpoica*. Palmas, 24(1): 21-29.
- Bastidas, S.; Peña, E.; Reyes, R. (2005). *Metodología de selección para el mejoramiento genético acelerado de la palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.)*, prueba de campo. *Fitotecnia Colombiana*, 5(1): 46-52.
- Bastidas, S.; Peña, E.; Reyes, R. (2005). *Metodología de selección para el mejoramiento genético acelerado de la palma de aceite de aceite (Elaeis guineensis Jacq.)*. Prueba de campo. *Fitotecnia Colombiana* 5(1): 46-52.
- Bedoya-Reina, O.; Barrero, L.S. (2009). *Filogenia del lulo, tomate de árbol y sus parientes silvestres*. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 10: 180-190.
- Bedoya-Reina, O.; Barrero, L.S. (2010). *Preliminary Assessment of COSII Gene Diversity in Lulo and a Relative Species: Identification of Genes Potentially Associated with Domestication*. *Gene* 458: 27-36.
- Berg, T. (2009). *Landraces and Folk Varieties: a Conceptual Reappraisal of Terminology*. *Euphytica* 166: 423-430.
- Bernal, J.; Lobo, M.; Londoño, M. (1998). *Documento de presentación del material "lulo La Selva"*, Corpoica, Rionegro, Antioquia. Pp. 8-49.
- Bonierbale, M.; Guevara, C.; Dixon, A.G.O.; Ng, N.Q.; Asiedu, R.; Ng, S.Y.G. (1997). *Biodiversity in Trust*. Chapter 1. Cassava. Fuccillo D, Sears L, Stapleton P, Edits. Cambridge University Press, Cambridge UK. Pp. 1-20.
- Breese, E.L. (1989). *Regeneration and Multiplication of Germoplasm Resources in Seed Genebanks: the Scientific Background*. International Board for Plant Genetics Resources, Rome. 69 p.
- Cadavid, A.C.; Villegas, B.E.; Medina, C.I.; Lobo, M.; Reyes, C. (2002). *Caracterización morfológica de caricáceas de altura*. En: Memorias del IV Seminario nacional de frutales de clima frío moderado, Corpoica, UPB, C.D.T.F., Medellín, Colombia, Noviembre 20-22, 2002. Pp. 55-60.
- Cadavid, A.C.; Villegas, B.E.; Medina, C.I.; Lobo, M. (2003). *Evaluación y caracterización morfológicas de caricáceas de altura*. En: Informe final proyecto: Aprovechamiento de los recursos genéticos de las papayas para su mejoramiento y promoción, BID/IICA, ATN/SF-6486-RG. sp.
- Cerón, M.S.; Ligarreto, G.; Moreno, J.D.; Martínez, O. (2001). *Selección de variables cuantitativas y clasificación de 22 accesiones de frijol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.)*. Revista Corpoica 3(2): 31-38.
- Comunidad Andina de Naciones, CAN. (1996). *Régimen común sobre el acceso a los recursos genéticos*. Decisión 391. Gaceta oficial del Acuerdo de Cartagena. Lima.
- Dávalos, L.M.; Robin, R.; Sears, R.R.; Raygorodetsky, G.; Simmons, B.L.; Cross, H.; Grant, T.; Barnes, T.; Putzel, L.; Porzecanski, A.L. (2003). *Regulating Access to Genetic Resources Under the Convention on Biological Diversity: an Analysis of Selected Case Studies*. *Biodiversity and Conservation* 12(7): 1511-1524.
- Enciso-Rodríguez, F.; Martínez, R.; Lobo, M.; Barrero, L.S. (2010). *Genetic Variation in the Solanaceae Fruit Bearing Species Lulo and Tree Tomato Revealed by Conserved Ortholog (COS II) Markers*. *Genetics and Molecular Biology* 33:271-278.
- Estrada, N. (1996). *Los recursos genéticos en el mejoramiento de la papa en los países andinos*. En: Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Serie Agronomía 2010. Bogotá. Editorial Comunicaciones y Asociados Ltda. Pp 1-14.
- Estrada, N. (2002). *La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa*. CIP-Ipgr-Pracipa-IBTA-Proinpa-Cosude-CID. La Paz, Bolivia, 372 p.
- Fajardo, D.; Sánchez, I.; Angel, F.; Grumm, M.; Tohme, J.; Lobo, M.; Roca, W. (1998). *Genetic Variation Analysis of the Genus Passiflora L. Using Rapid Markers*. *Euphytica* 101(3): 341-347.
- Fuccillo, D.; Sears, L.; Stapleton, P. (1997). *Biodiversity in Trust*. (Fuccillo, D.; Sears, L.; Stapleton, P. Edits.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K. Statement page.
- Galeano, G.; Suárez, S.; Balslev, H. (1998). *Vascular Plant Species in a Wet Forest in the Chocó Area on the Pacific Coast of Colombia*. *Biodiversity and Conservation* 7(2): 1563-1570.
- García, L.; García, R.; Medina, C.I.; Lobo, M. (2002). *Variabilidad morfológica cualitativa en una colección de tomate de árbol*. En: Memorias del IV Seminario nacional de frutales de clima frío moderado, Corpoica, UPB, Cdtf, Medellín, noviembre 20-22, 2002. Pp. 49-54.
- Gaviria, C.; Ochoa, C.; Sánchez, M.; Medina, C.I.; Lobo, M.; Galeano, P.; Mosquera, A.; Tamayo, A.; Lopera, Y.; Rojano, B. (2009a). *Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (Vaccinium meridionale Sw.)*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 8(6): 519-528.
- Gaviria, C.; Ochoa, C.; Sánchez, M.; Medina, C.I.; Lobo, M.; Galeano, P.; Mosquera, A.; Tamayo, A.; Lopera, Y.; Rojano, B. (2009b). *Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz.)*. En: Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (G. Ligarreto, Edit.). Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Pp. 93-109.
- Hammer, K.; Arrowsmith, N.; Gladis, T. (2003). *Agrobiodiversity with Emphasis on Plant Genetic Resources*. *Naturwissenschaften* 90(6): 241-250.
- Herrera, J.C.; Combes, C.M.; Cortina, H.; Lashermes, P. (2004). *Factors Influencing Gene Introgression Into the Allotetraploid Coffea arabica L. From its Diploid Relatives*. *Genome* 47: 1053-1060.
- Heywood, D.H.; Dulloo, M.E. (2005). *In Situ Conservation of Wild Plant Species: a Critical Global Review of Best Practices*. Ipgr Technical Bulletin 11. IpgrI, Rome, Italy. 174 p.
- Hidalgo, R.; Beebe, S. (1997). *Biodiversity in Trust*. Chapter 11. *Phaseolus Beans*. 1997. *Biodiversity in Trust*. (Fuccillo, D.; Sears, L.; Stapleton, P., Edits.) Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 139-157.
- Ligarreto, G.; Ballén, A.; Huertas, D. (1998). *Evaluación de las características cuantitativas de 25 accesiones de maíz (Zea mays L.) de la zona andina*. *Revista Corpoica* 2(2): 1-5.
- Ligarreto, G.A.; Lobo, M.; Correa, M.A. (2005). *Recursos genéticos del género Physalis en Colombia*. En: Fisher, G.; Miranda, D.; Piedrahita, W.; Romero, J. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L. en Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Pp. 9-26.
- Lobo, M. (2003). *Conservación, conocimiento y utilización de los recursos fitogenéticos en Colombia, con énfasis en alimentación y agricultura*. Trabajo presentado al Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá. S.p.
- Lobo, M. (2006a). *Informe de recursos genéticos vegetales*. Programa de recursos genéticos y mejoramiento vegetal, Corpoica, s.p.
- Lobo, M. (2006b). *Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual*. *Revista Corpoica* 7(2): 40-54.

- Lobo, M.; Medina, C.I. (1994). *Phenotypic Evaluation of Latin American Tomato Cultivars*. Tomato Genetics Cooperative Report 44: 26.
- Lobo, M.; Medina, C.I. (1998). *Diversidad y variabilidad genéticas aprovechables para el desarrollo de genotipos adaptados a diferentes sistemas de producción con tomate Lycopersicon esculentum Mill.* En: Memorias del seminario-taller: Conservación de especies silvestres de *Lycopersicon*. "La Platina", INIA, Santiago de Chile, Chile. Noviembre 24 de 1998.
- Lobo, M.; Medina, C.I. (2000a). *Biotechnology State of Art*. Agrobiodiversity in Colombia. In: Scientific Alliance Endowed with Tradition and Future. Colciencias. Bogotá. Pp. 47-60.
- Lobo, M.; Medina, C.I. (2000b). *Maracujá roxo (Passiflora edulis Sims f. Edulis)*. En: Caracterização de frutas nativas de América Latina. Série frutas nativas de América. Edição comemorativa do 30º Aniversario da Sociedade Brasileira de Fruticultura. Pp. 48-50.
- Lobo, M.; Medina, C.I. (2000c). *Lulo (Solanum quitoense Lam.)*. En: Caracterização de frutas nativas de América Latina. Série frutas nativas de América Latina. Edição comemorativa do 30º Aniversario da Sociedade Brasileira de Fruticultura. Pp. 41-42.
- Lobo, M.; Medina, C.I.; Cardona, M. (2000). *Resistencia de campo a la antracnosis de los frutos (Colletotrichum gloeosporioides) en tomate de árbol (Cyphomandra (Solanum) betacea (betaceum) Cav. Sendt.)*. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 53(2): 1129-1142.
- Lobo, M.; Medina, C.I.; Delgado, O.A.; Bermeo, A. (2006). *Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (Solanum quitoense Lam.) y especies relacionadas de la sección Lasiocarpa*. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín 60(2): 3939-3964.
- Maas, B.L.; Hanson, J.; Robertson, L.D.; Kerridge, P.C.; Abd, E.I.; Monein, A.M. (1997). *Biodiversity in Trust*. Chapter 22. Forages. Fuccillo, D.; Sears, L.; Stapleton, P. (Edits). Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 321-348.
- Medina, C.I.; Lobo, M. (1999). *Caracterización y evaluación morfológicas y caracterización química y organoléptica de germoplasma de caricáceas*. En: Memorias del taller internacional de caricáceas. Fontagro, Prociandino, Ipgri, Fonaiap, Marne, UCV, Ivic. Maracay, Venezuela, octubre 19-21 de 1999.
- Medina, C.I.; Lobo, M. (2000a). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss), Granadilla de piedra (Passiflora maliformis L.)*. En: Caracterização de frutas nativas de América Latina. Série frutas nativas. Edição comemorativa do 30º Aniversario da Sociedade Brasileira de Fruticultura. Pp. 38-40.
- Medina, C.I.; Lobo, M. (2000b). *Curuba (Passiflora mollissima (H.B.K.) Bailey)*. En: Caracterização de frutas nativas de América Latina. Série frutas nativas de América Latina. Edição comemorativa do 30º Aniversario da Sociedade Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal Sp, Brasil. Pp. 35-37.
- Medina, C.I.; Lobo, M. (2004). *Conocimiento de la variabilidad morfológica y química de Pasifloras Andinas (Passifloraceae)*. En: Memorias del VIII Congreso Venezolano de Fruticultura. Universidad del Zulia, Corpozulia, UCLA, INIA, IUT, Maracaibo, Venezuela, 5-8 de julio de 2004. Pp. 109-114.
- Medina, C.I.; Lobo, M.; Correa, R.D. (2000). *Caracterización morfológica y química de passifloras andinas como apoyo al desarrollo de estas especies*. En: Memorias del 3er. Seminario de frutas de clima frío moderado, Manizales, noviembre 15-17 de 2000. Pp. 13-18.
- Medina, C.I.; Lobo, M. (2001). *Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (Lycopersicon esculentum var cerasiforme) precursor del tomate cultivado*. Revista Corpoica 3(2): 39-50.
- Medina, C.I.; Lobo, M.; García, L. (2004). *Caracterización morfológica de tomate de árbol (Cyphomandra betacea Sendt.)*. En: Memorias del VIII Congreso Venezolano de Fruticultura. Universidad del Zulia, Corpozulia, Ucla, INIA, IUT, Maracaibo, Venezuela, 5-8 de julio de 2004. Pp. 82-87.
- Medina, C.I.; Lobo, M.; Gómez, A.F. (2006). *Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género Capsicum*. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 7(2): 25-39.
- Medina, C.I.; Lobo, M.; Patiño, M.P.; Ligarreto, G.A.; Delgado, O.A.; Lopera, S.A.; Toro, J.L. (2009). *Variabilidad morfológica en agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz), en la zona altoandina de Colombia*. En: Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz), en la zona altoandina de Colombia (Ligarreto, G.A., Edit.). Bogotá Pp. 57-72.
- Meilleur, B.A.; Hodgkin, T. (2004). *In situ Conservation of Crop Wild Relatives: Status and Trends*. Biodiversity and Conservation 13: 663-684.
- Moreno, J.D.; Valbuena, I. (2006). *Colección central colombiana de papa*. La mayor riqueza de variabilidad genética para el mejoramiento del cultivo de papa en Colombia. Corpoica. Bogotá.
- Painting, K.A.; Perry, M.C.; Denning, R.A.; Ayad, W.G. (1995). *Guideline for Genetic Resources Documentation*. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 295 p.
- Pritsch, C. (2001). *El premejoramiento y la utilización de los recursos fitogenéticos*. En: www.fagro.edu.uy/fitotecnica/Documentos/Pemejoramiento.pdf; consultado en enero de 2010.
- Restrepo, E.F.; Vallejo, F.A.; Lobo, M. (2005). *Caracterización y evaluación morfoagronómica de germoplasma silvestre de Lycopersicon spp.* En: Memorias del IX Congreso de la Asociación Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Palmira, Mayo 11-13, 2005.
- Restrepo, E.F.; Vallejo, F.A.; Lobo, M. (2006). *Evaluación de resistencia al pasador del fruto Neoleucinodes elegantalis y caracterización morfoagronómica de germoplasma silvestre de Lycopersicon spp.* Acta Agronómica 55(1): 15-22.
- Rey, L. (2007). *Programa de recursos genéticos y fitomejoramiento en palma de aceite*. Conferencia, Fondo de Fomento Palmero, Barrancabermeja. Diciembre 6 de 2007.
- Richards, C.M.; Antolin, M.F.; Reilley, A.; Poole, J.; Walters, C. (2007). *Capturing Genetic Diversity of Wild Populations for Ex Situ Conservation: Texas Wild Rice (Zizania texana) as a Model*. Genetic Resources and Crop Evolution 54: 837-848.
- Romero, G.; Alvarado, G.; Cortina, H.; Ligarreto, G.; Galeano, N.F.; Herrera, J. C. (2009). *Partial Resistance to Leaf Rust (Hemileia vastatrix) in coffee (Coffea arabica L.): Genetic Analysis and Molecular Characterization of Putative Candidate Genes*. Molecular Breeding (In Publication).
- Rosso, C.A.; Medina, C.I.; Lobo, M. (2002). *Morphologic Characterization and Agronomic Evaluation of a Colombian Collection of Arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. Plant Genetic Resources Newsletter 132: 22-29.
- Rueda, A.; Palacio, J.D.; Muñoz, J.E.; Saavedra, R.; Bravo, E. (2006). *Caracterización molecular del banco de germoplasma de guayaba Psidium spp. del Centro de Investigación de Corpoica - Palmira*. Fitotecnica Colombiana 6(2): 26-32.
- Sánchez, I.; Zárate, L.A.; Gallego, G.; Tohme, J. (2007). *Análisis de la diversidad genética de accesiones de Theobroma cacao L. del banco de conservación a cargo de Corpoica*. Revista Corpoica 8: 26-31.
- Sánchez, I.; Fajardo, D.; Grum, M.; Tohme, J.; Lobo, M.; Roca, W. (1995). *Análisis de la variabilidad genética de Passiflora*. In: Memorias XLI Reunión de la Sociedad Interamericana de Horticultura IASH. Santa Marta, Colombia. Septiembre 3-8 de 1995.
- Sánchez, I.; Ángel, F.; Fajardo, D.; Lobo, M.; Grum, M.; Tohme, J.; Roca, W. (1997). *Caracterización y análisis de la diversidad genética de Passifloraceae Juss. por métodos moleculares*. In: Memorias XLIII Reunión Anual Interamerican Society for Tropical Horticulture. Septiembre 1-4 de 1997. Guatemala. 32 p.

- Sánchez, I.; Angel, F.; Grum, M.; Tohme, J.; Lobo, M.; Roca, W. (1999). *Variability of Chloroplast DNA in the Genus Passiflora L.* Euphytica 106: 15-26.
- Sánchez, I.; Gaviria, D.; Gallego, G.; Reyes, L.M.; Giraldo, M.C.; Fajardo, D.; Valencia, J.A.; Lobo, M.; Tohme, J.; Roca, W. (1998). *Caracterización bioquímica y molecular de la colección colombiana de musaceas.* En: Memorias del Seminario internacional sobre producción de plátano. Corpoica, Inibap, Sena, Comité de Cafeteros del Quindío, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, 4 al 8 de mayo de 1998. Pp. 26-31.
- Sánchez, I.; Ángel, F.; Fajardo, D.; Castillo, M.F.; Lobo, M.; Tohme, J.; Roca, W. (2002). *Caracterización molecular, base sólida para el mejoramiento genético de Passifloraceae Juss.* Fitotecnica Colombiana 2(1): 1-10.
- Sánchez-Betancourt, E.; Núñez, V.M. (2008). *Evaluación de marcadores moleculares tipo SCAR para determinar sexo en plantas de papaya (Carica papaya L.).* Revista Corpoica 9(2): 31-36.
- Sackville-Hamilton, N.R.; E.; Chorlton, E. (1997). *Regeneration of Accessions in Seed Collections: a Decision Guide.* Handbook for Genebanks N° 5. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 73 p.
- Schoen, D.J.; Brown, A.H.D. (2001). *The Conservation of Wild Plant Species in Seed Banks.* BioScience 51: 960-966.
- Segura, M.; Santos, M.; Ñuztes, C. (2006). *Desarrollo fenológico de cuatro variedades de papa (Solanum tuberosum L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca).* Fitotecnica Colombiana 6(2): 33-43.
- Torres, R. y Reyes, L.M. (1997). *Informe nacional de recursos genéticos agropecuarios.* Corpoica. Bogotá. S.p.
- Trillos, O.; Cotes, J.M.; Medina, C.I.; Lobo, M.; Navas, A.A. (2008). *Caracterización morfológica de cuarenta y seis accesiones de uchuva (Physalis peruviana L.) en Antioquia (Colombia).* Revista Brasileira de Fruticultura 30(3): 708-721.
- Vallejo, F.A.; Estrada, E.I. (2002). *Mejoramiento genético de las plantas.* Editorial Feriva, S. A. Cali. 402 p.
- Vásquez, N.; Medina, C.I.; Lobo, M. (2004). *Caracterización morfológica de la colección colombiana (Tolima, Huila, Boyacá y Cauca) de arracacha (Arracacia xanthorrhiza).* En: Raíces andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de tubérculos y raíces andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). N° 6. (Seminario, J, Ed.) Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú. Pp. 165-178.
- www.parquesnacionales.gov.0/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.01 (Consultado el 17 de septiembre de 2010).
- www.cesvbcs.gob.mx/cute/index.php?subaction=1173305247&archive=&start from=&=&ucat=1 (Consultado el 12 septiembre de 2010).